

Pengembangan Lapangan Panas Bumi “S” Water Dominated Menggunakan *Software Tough2*

Lia Yunita, Dyah Rini Ratnaningsih, Harry Budiharjo

Mahasiswa Magister Teknik Perminyakan UPN “Veteran” Yogyakarta

Dosen Magister Teknik Perminyakan UPN “Veteran” Yogyakarta

Abstrak

Lapangan Panas Bumi “S” merupakan lapangan panas bumi water dominated, lapangan ini sudah diproduksi dengan satu unit PLTP dengan kapasitas terpasang 60 MWe. Dalam pengembangannya, akan dilakukan pembangunan PLTP Unit II. Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan reservoir dengan bantuan software tough2 dan melakukan simulasi pengembangan lapangan “S” melalui pembangunan PLTP Unit II dengan penambahan lima sumur produksi. Metodologi yang digunakan dengan membuat pemodelan reservoir dengan bantuan software *tough2*. Pertama yang dilakukan menentukan grid yang akan dibuat, kemudian memasukan material, porositas, permeabilitas, konduktivitas panas dan *specific heat*. Kemudian melakukan inialisasi dengan melakukan running selama enam puluh tahun. *History matching* data produksi tiap-tiap sumur dilakukan dengan merubah parameter permeabilitas batuan reservoir sampai terjadi matching tekanan dan temperatur antara kondisi aktual dengan model. Setelah dilakukan *history matching* kemudian dilakukan pengembangan PLTP Unit II dengan menambah lima sumur. Dari hasil simulasi dengan pengembangan PLTP Unit II didapatkan kapasitas terpasang 55 MWe selama tiga puluh tahun.

Kata Kunci : Pengembangan, panas bumi, software tough 2

Abstract

Geothermal field "S" is a field that is dominated by geothermal water. This field has been produced with one PLTP unit with an installed capacity of 60 MWe. In its development, PLTP Unit II will be developed. The purpose of this research is to model the reservoir with the help of tough2 software and simulate the development of the "S" field through the development of PLTP Unit II with the development of five production wells. The methodology used by making reservoir modeling with the help of tough2 software. The first thing to do is determine the grid to be made, then include material, porosity, permeability, heat conductivity and specific heat. Then do the initialization by running for sixty years. History of matching production data for each well is carried out by changing the parameters of reservoir permeability until temperature and temperature matching occur between actual conditions and the model. After historical matching, the development of PLTP Unit II was carried out by adding five wells. From the results of simulations with the development of PLTP Unit II obtained 55 MWe installed capacity for thirty years.

Keywords: Development, geothermal, software 2

I. Pendahuluan

Panasbumi merupakan energi yang berasal dari dalam bumi, dimana proses terjadinya karena adanya interaksi dari fluida meteorik ataupun fluida formasi (fluida meteorik – fluida yang berasal dari air hujan yang kemudian masuk ke bawah permukaan melalui rekahan-rekahan dan fluida formasi – fluida yang berasal dari formasi batuan) dengan magma (biasanya magma yang sudah membeku tetapi masih memiliki panas (magma plutonik/magma dari gunungapi purba)). Kata panasbumi secara literatur berarti “bumi” dan “panas”. Untuk mendefinisikan

apa yang dimaksud panasbumi maka perlu kita ketahui terlebih dahulu jenis-jenis sumber daya panasbumi yang ada hingga saat ini yaitu hidrotermal, geopressured, hot dry rock, magma, dan energi bumi. (DiPippo, R, (2007)).

Lapangan “S” yang berlokasi di Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu lapangan yang memiliki cadangan sebesar 370 Mwe (Buku Potensi Panas Bumi Jilid 1). Dalam rencana pengembangan lapangan panas bumi “S” dengan menggunakan simulasi reservoir didasarkan pada perilaku reservoir pada waktu yang lalu, sekarang dan yang akan

datang. Aspek dalam pengembangan lapangan panas bumi adalah pengetahuan tentang sistem reservoir panas bumi yang diperoleh melalui pemodelan.

Perkembangan teknologi yang sangat pesat mendorong para ahli untuk membuat perangkat lunak komputer yang digunakan sebagai alat pemodelan reservoir, diantaranya adalah *TOUGH2 (Transport of Undersaturated Groundwater and Heat)*. Pengembangan dari simulator *TOUGH2* yang dikembangkan oleh Laboratorium Lawrence Berkeley tahun 1991 terutama untuk aplikasi reservoir panas bumi. Model reservoir Lapangan Panasbumi “S” dibuat dengan menggunakan distributed parameter approach yang intinya sistem yang akan dimodelkan dibagi dengan sejumlah blok atau grid dimana antara grid yang satu dengan yang lain saling berhubungan. Prinsip yang di terapkan pada perhitungan tersebut adalah prinsip kesetimbangan panas dan massa. Aliran fluida dinyatakan oleh persamaan Darcy untuk aliran dalam media pori. Kondisi batas (*boundary condition*) dapat dinyatakan dengan tekanan dan temperatur konstan atau dengan laju alir massa dan panas konstan.

Pemodelan yang dilakukan oleh Eko Widi Pramudihadi pada tahun 2007 Model lapangan panas bumi Dieng dibuat dengan model distributed parameter approach yang intinya sistem yang akan dimodelkan dibagi dengan sejumlah blok (grid), dimana blok (grid) yang satu dengan yang lain saling berhubungan. Pembuatan grid mempertimbangkan letak sumur, jenis lithologi yang ditembus sumur, struktur batuan, arah aliran air, dan penyebaran rekah. Dengan adanya grid maka penyebaran dan keanekaragaman porositas, permeabilitas, tekanan dan temperature sangat diperhitungkan sebagai penggambaran reservoir heterogen. Dari hasil simulasi reservoir didapatkan lapangan panas bumi Dieng Blok Sileri 66.8 MWe yang dapat diproduksi dalam jangka waktu tiga puluh tahun dan kapasitas terpasang sekarang 46 MWe, sedangkan turbin direncanakan menghasilkan 60 MWe.

Sri Indarto dkk, tahun 2013 melakukan penelitian sistem panas bumi Dieng terdapat di

dalam kawasan multi cone (kerucut) gunungapi yang telah membentuk kawah-kawah akibat dari letusan freatik. Sistem ini dikontrol oleh sebuah struktur depresi besar yang dibawahnya diperkirakan ditempati oleh sumber panas berupa kantong-kantong magma. Batuan vulkanik aliran (volcanic flows) yang berupa lava basalt, andesit basaltik maupun andesit dan umumnya telah teralterasi dan membentuk zona propilitik merupakan indikasi yang positif untuk terbentuknya sistem panasbumi. Hal ini antara lain dicerminkan oleh temperatur pembentukan mineral-mineral di zona alterasi propilitik yang relatif tinggi sehingga menjadi bukti akan keberadaan aktifitas magmatik yang dapat berperan sebagai sumber panas.

Simulasi reservoir panas bumi Dieng yang dilakukan oleh Rheza akbar dan Khasani tahun 2017 dengan software Petrasim berhasil mendapatkan model yang merepresentasikan kondisi lapangan. Model didapat dari beberapa integrasi data dan dilakukan inisialisasi untuk membuat kondisi yang serupa dengan yang ada saat ini. Permeabilitas mengalami perubahan karena dimungkinkan terjadi perubahan mineral saat transport fluida yang mempengaruhi properti batuan. Berdasarkan simulasi model natural state yang dilakukan, dapat diketahui letak distribusi permeabilitas batuan, distribusi temperatur dan distribusi tekanan. Simulasi yang dilakukan mencapai state condition pada jangka waktu 1 juta tahun.

Reservoir panas bumi lapangan “S” mempunyai rata-rata produksi panas bumi yang dihasilkan sampai saat ini adalah sebesar 60 MWe tetapi saat ini baru terpasang satu unit pembangkit Dengan kapasitas terpasang tersebut saat ini produksi listrik yang dihasilkan rata-rata 44 MW per tahun. Permasalahan pengelolaan lapangan panas bumi adalah penurunan tekanan dan penurunan temperatur reservoir. Pada akhirnya, produktifitas dari lapangan panas bumi tersebut sangat ditentukan oleh strategi pengelolaan lapangan panas bumi itu sendiri. Banyaknya kapasitas panas yang masih bisa dimanfaatkan merupakan alasan dikembangkannya lapangan ini

II. Metodologi

Metodologi yang digunakan menggunakan simulator *TOUGH2*. Langkah-langkah sebagai berikut :

1. Persiapan Data

Data-data yang disiapkan diantaranya :

- Data geologi, geokimia, geofisika
- Data fluida
- Data batuan
- Data produksi

2. Pembuatan Model Simulasi

Pembuatan model reservoir didasarkan pada data geologi berupa peta geologi, data geokimia berupa kandungan air dari manifestasi panas bumi dan data geofisika dari *MT* (*resisivity* dan *sounding*).

3. Inisialisasi

Inisialisasi sumur dilakukan untuk mendapatkan kondisi yang sesuai antara kondisi simulasi dengan keadaan sebenarnya sehingga model bisa dijadikan acuan untuk proses pengembangan lapangan dan prediksi terhadap produksi dan kemampuan lapangan untuk menghasilkan rate tertentu. Inisialisasi sumuran dilakukan dengan menyamakan kondisi tekanan dan temperatur simulasi dengan kondisi lapangan.

4. Penyelarasan (*History Matching*)

Penyelarasan dilakukan dengan cara memodifikasi parameter-parameter yang sifatnya dinamis tanpa mengubah hasil dari proses inisialisasi sehingga tercapai keselarasan tekanan dan laju produksi antara model dengan data tekanan dan data produksi lapangan yang ada. Hasil Inisialisasi tersebut berupa kurva plot antara kedalaman dan tekanan serta kedalaman dan temperatur.

5. Perencanaan Pengembangan Sumur

Model simulasi ini dijadikan dasar pengambilan keputusan dalam rencana pengembangan lapangan panas bumi “S” ditinjau dari aspek reservoirnya. Pengembangan Lapangan Panas Bumi dilakukan menambah lima sumur dengan perencanaan penambahan satu PLTP. Perencanaan pengembangan sumur dilakukan selama enam puluh tahun produksi.

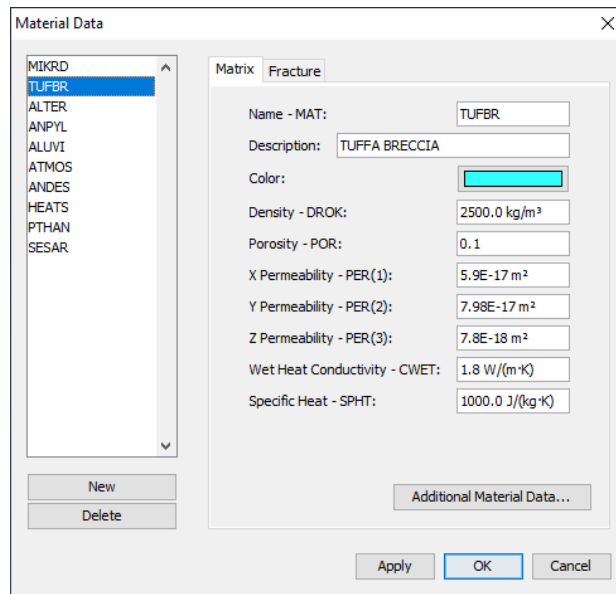
III. Pembahasan

Pertama yang dilakukan adalah membuat pemodelan reservoir dengan membuat model dan menentukan grid yang akan dibuat, kemudian memasukan material, porositas, permeabilitas, konduktivitas panas dan specific heat. Kemudian melakukan Inisialisasi dengan melakukan running selama enam puluh tahun. *Hystory matching* data produksi tiap-tiap sumur dilakukan dengan merubah parameter permeabilitas batuan reservoir sampai terjadi matching tekanan dan temperature antara kondisi actual dengan model. Setelah dilakukan *history matching* kemudian dilakukan scenario pengembangan PLTP Unit II dengan menambah lima sumur dengan kapasitas terpasang 55 MWe. Model ini memiliki panjang 5.000 m, lebar 5. Model ini memiliki panjang 3600 m, lebar 2100 m, kedalaman 3100 m dan memiliki tujuh layer. Pembuatan model simulasi, memiliki kondisi batas atas dan samping yang membuat reservoir cukup terisolasi dari air dingin dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dan parameter material yang digunakan dalam model simulasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Material yang Digunakan dalam Model Simulasi Lapangan “S”

| No | Material | Warna | Densitas (kg/m ³) | Porositas | Permeabilitas (m ²) | | | Konduktivitas Specific Heat | |
|----|---------------|-------|-------------------------------|-----------|---------------------------------|----------|----------|-----------------------------|----------|
| | | | | | x | y | z | W/(m·K) | J/(kg·K) |
| 1 | MIKRODORIT | | 2550 | 0.08 | 2.70E-14 | 3.20E-14 | 7.50E-15 | 2 | 1000 |
| 2 | TUJFA BREKSIA | | 2500 | 0.1 | 5.90E-17 | 7.98E-17 | 7.80E-18 | 1.8 | 1000 |
| 3 | ALTER /CAPR | | 2700 | 0.02 | 4.30E-20 | 6.80E-20 | 7.90E-20 | 1.8 | 1000 |
| 4 | ANPYL | | 2500 | 0.12 | 6.50E-17 | 6.98E-17 | 7.00E-17 | 1.8 | 1000 |
| 5 | ALLUVIAL | | 2400 | 0.05 | 2.70E-18 | 6.00E-19 | 7.90E-18 | 1.8 | 1000 |
| 6 | ATMOSF | | 1 | 0.9 | 1.00E-14 | 1.00E-14 | 1.00E-14 | 0.01 | 10 |
| 7 | ANDES | | 2500 | 0.1 | 5.90E-17 | 9.98E-18 | 7.80E-18 | 1.8 | 1000 |
| 8 | HEAT | | 2900 | 0.1 | 1.20E-21 | 1.20E-21 | 1.00E-22 | 2.2 | 1000 |
| 9 | PATAHAN | | 2200 | 0.02 | 4.30E-21 | 6.80E-21 | 3.90E-21 | 2 | 1000 |
| 10 | SESAR | | 2500 | 0.12 | 3.50E-15 | 3.98E-16 | 3.00E-16 | 1.8 | 1000 |

Pengembangan Lapangan Panas Bumi “S” Water Dominated Menggunakan *Software Tough2*



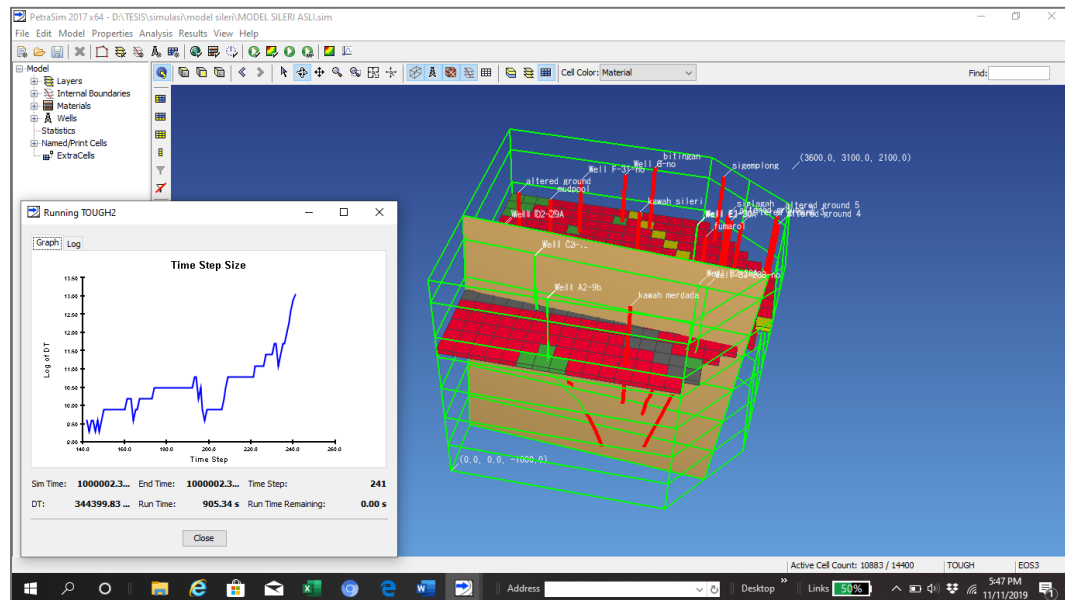
Gambar 1. Input Material Simulasi Lapangan “S”

Pembuatan model konseptual didasarkan pada data yang paling dapat dipercaya untuk menentukan batas reservoir, yaitu data lubang sumur, termasuk didalamnya adalah data temperature, data tekanan, data struktur geologi, data penyebaran resistivity, data alterasi batuan dan data geokimia.

Apabila data sumur tidak tersedia, maka data geofisika juga dapat digunakan untuk menentukan batas reservoir. Data geofisika tersebut meliputi gravity data, magneto telluric data, micro earthquake data dan fracture study. Data terakhir yang dapat digunakan dalam penentuan batas reservoir apabila data sumur dan data geofisika tidak tersedia adalah data geologi, peta struktur, peta alterasi dan peta manifestasi permukaan. Litologi batuan pada kedalaman dangkal dengan ketebalan 1.000 – 1.500

meter terdiri dari perselingan lava andesit, andesit basaltic dan basalt piroklastik (tufa, breksi tufa, tufa litik dan breksi andesit). Selain itu, terdapat satuan andesit kompleks atau mikrodiorit yang berada pada kedalaman 1500 – 2500 mKU. Umur batuan hasil dari petntharingan berkisar 470.000 tahun. Sistem geothermal mencakup *heat source*, zona reservoir, zona *caps rock*, dan *recharge discharge*

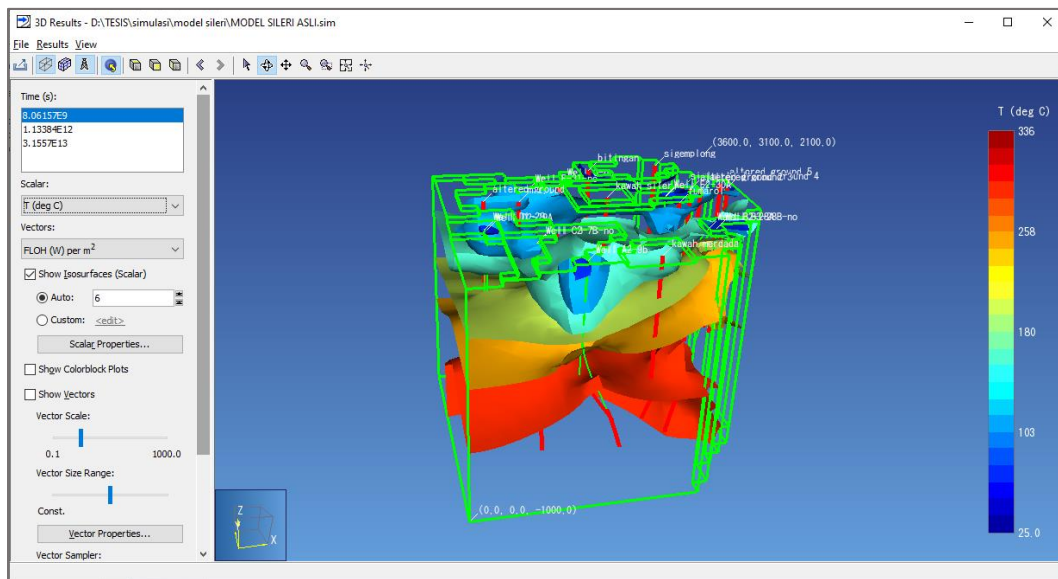
Natural state condition pada lapangan “LY” dapat tercapai pada selang waktu simulasi 3.1557E13 second (satu juta tahun). Berikut adalah *natural state condition pressure dan temperature* salah satu sumur pada lapangan panas bumi “S” seperti ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil *Running Natural State Simulasi Tough 2* Lapangan “S”

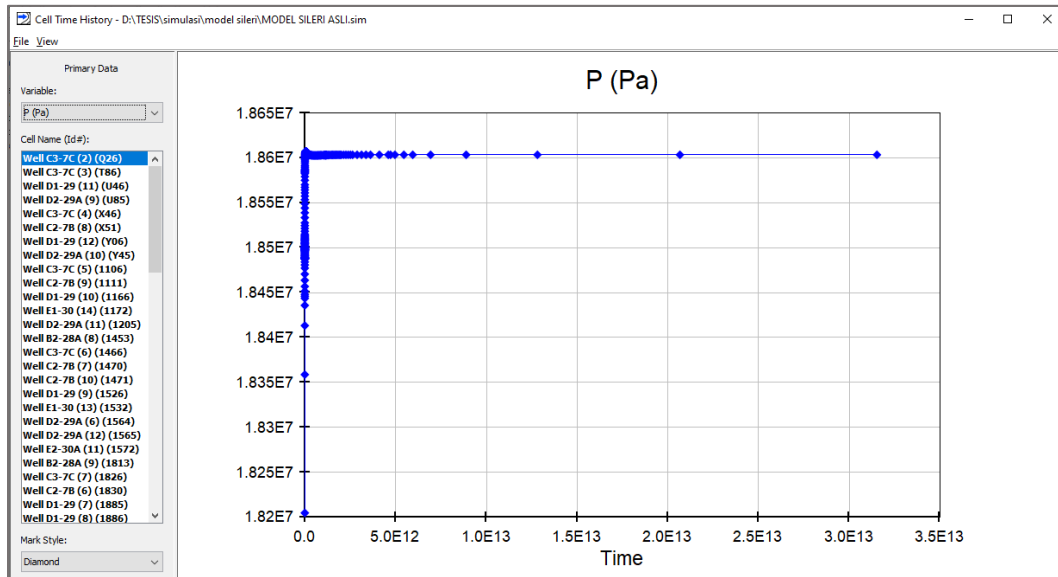
Struktur *output petrasim* dapat dilihat pada 3D result temperatur seperti ditampilkan pada Gambar 3

dan *cell/well hystory pressure plots* ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 3. *3D Result Temperatur*

Pengembangan Lapangan Panas Bumi “S” Water Dominated Menggunakan *Software Tough2*



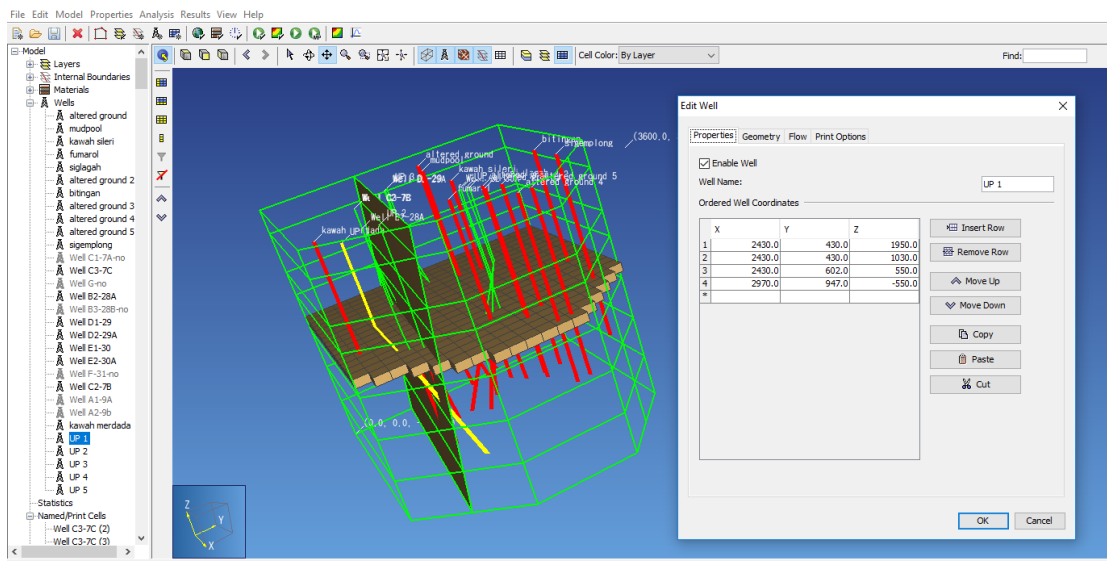
Gambar 4. *Cell Hystory Plot* Tekanan

Perencanaan PLTP Unit II dilakukan dengan penambahan lima sumur yaitu sumur UP1, UP 2, UP 3, UP 4 dan UP 5, dengan laju alir terlihat pada tabel 1. Perencanaan Pembangkit Unit II Kapasitas 55 Mwe, mempunyai kreteria pembangkit utama

menghasilkan 55 Mwe, Uap juga harus memenuhi ejector sebesar 28 t/jam. Uap yang di sediakan: $55 \text{ Mwe} \times 1.94 \text{ kg/s} + 28 \text{ ton/jam} \times (1000\text{kg}/3600 \text{ sekon}) = 830 \text{ kg/s uap}$.

Tabel 1. Hasil Penambahan Lima Sumur Pengembangan

| NO WELL | NAMA WELL | FLOW RATE (KG/S) | TEMPERATURE (°C) | PRESSURE (Bar) | ENTALPI (kJ/kg) | SATURASI |
|---------|-----------|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------|
| 1 | UP 1 | 59 | 297.00 | 152.00 | 1,335.00 | 1.00 |
| 2 | UP2 | 79 | 295.00 | 156.00 | 1,315.00 | 1.00 |
| 3 | UP3 | 35 | 307.00 | 173.00 | 1,365.00 | 1.00 |
| 4 | UP 4 | 77 | 300.00 | 159.00 | 1,325.00 | 1.00 |
| 5 | UP5 | 62 | 317.00 | 152.00 | 1,339.00 | 1.00 |
| | | 312 | 303.2 | 158.4 | | |



Gambar 4. Simulasi Tough2 dengan Posisi Well UP 1

Gambar 4 memperlihatkan posisi well “UP 1” pada simulasi Tough 2 di Lapangan “S” Data yang dapat diperoleh dari hasil simulasi *tough 2* (penggabungan file *foft* dan *goft*) beberapa parameter terhadap fungsi waktu, yaitu : pressure, temperature, enthalpy dan potential daya elektrik. Potensial Daya yang dihasilkan sebesar 55 MWe.

IV. Kesimpulan

1. Pengembangan lapangan “S” dilakukan dengan simulasi reservoir dengan penambahan lima sumur produksi yaitu UP 1, UP 2, UP 3, UP 4 dan UP 5 untuk pembangunan PLTP Unit II.
2. Parameter yang didapat dari hasil simulasi meliputi pressure, temperatur, enthalpy dan potential daya elektrik
3. Hasil simulasi dengan pengembangan PLTP Unit II didapatkan kapasitas terpasang 55 MWe selama tiga puluh tahun.

V. Daftar Pustaka

- Akbar Rheza, Khasani, 2017. Pemodelan Lapangan Panasbumi Dieng, Indonesia Dengan Software Petrasim. Prosiding Seminar Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
- Buku Potensi Panas Bumi Jilid 1. 2017. Kementerian ESDM
- Badan Geologi. 2008. *Potensi Energi Panas Bumi Indonesia*.
- DiPippo, R., 2007. *Geothermal Power Plants 2nd Ed*. McGraw-Hill.
- Erik B Layman, Irsawardi Agus and Samsudin, 2002. *The Dieng Geothermal Resource, Central Java, Indonesia Geothermal Resources Council Transactions*, September 22-25.

Indarto Sri, dkk., 2013. Sistem Panasbumi Dieng Jawa Tengah Berdasarkan Data Manifestasi Permukaan dan Bawah Permukaan. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi LIPI. ISBN: 978-979-8636-20-2

Nenny Miryani Saptadji, 2012. *Simulasi Reservoir, Training “Advanced Geothermal Reservoir Engineering”*, Bandung: Program Studi Magister Teknik Panas Bumi Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan ITB.